

EVALUASI KONDISI LINGKUNGAN PERAIRAN PANTAI UTARA KARAWANG UNTUK MENDUKUNG PENGEMBANGAN BUDIDAYA PERIKANAN

Environmental Condition Evaluation of the Northern Coastal Area of Karawang to Support Aquaculture Development

Ratu Siti Aliah

Pusat Teknologi Produksi Pertanian
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Gd. II BPPT, JL. M.H. Thamrin No.8, Jakarta 10340
E-mail: suhendarsachoemar@yahoo.com

Diterima: 23 Januari 2013; Dikoreksi: 15 Maret 2013; Disetujui : 09 April 2013

Abstract

An evaluation of the environmental status of the northern coastal area of Karawang was conducted in the wet and the dry season to understand their feasibility to support aquaculture development. The evaluation result showed that in the wet season, the water quality of the coastal and brackishwater ponds was poor due to high concentration of total suspended solid (TSS), high turbidity, ammonia, nitrate, nitrite and sulfide that stimulated phytoplankton bloom which indicated by high concentration of chlorophyll-a. To anticipate the water quality degradation, it is necessary to build a sedimentation facility along the inlet channel which accompanied by seaweed and mangrove plantation to eliminate and reduce an organic waste that entered to the brackishwater ponds. An application of the "Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA)" in the coastal area in the future is the best prospective to develop sustainable aquaculture. This technology is green technology with the biorecycle system and zero emission.

Keywords : *environmental status, northern coastal area of Karawang, aquaculture development*

Abstrak

Evaluasi kondisi lingkungan perairan di kawasan Pantai Utara Karawang dilakukan pada musim hujan dan kemarau guna mengetahui kelayakannya dalam mendukung pengembangan usaha budidaya perikanan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pada musim hujan telah terjadi penurunan kualitas air baik di perairan pantai maupun perairan tambak yang diindikasikan dengan meningkatnya kekeruhan dan konsentrasi ammonia, nitrate, nitrit dan sulfide yang memicu terjadinya ledakan (*blooming*) fitoplankton (klorofil-a). Untuk mengantisipasi penurunan kualitas air, perlu dikembangkan bak pengendapan sepanjang pantai yang disertai penanaman rumput laut dan mangrove untuk mengurangi kekeruhan dan menetralkan limbah organik yang masuk ke pertambakan sebelum digunakan untuk kegiatan budidaya perikanan. Penerapan Teknologi Budidaya Perikanan terintegrasi "Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA)" di wilayah pesisir dimasa mendatang merupakan prospek yang menjanjikan untuk pengembangan teknologi budidaya perikanan berkelanjutan, karena teknologi ini selain lebih produktif juga merupakan teknologi bersih (*green technology*) dan berwawasan lingkungan karena teknologinya bersifat *Zero Emission* atau bebas limbah.

Kata Kunci : kondisi lingkungan, pantai utara Karawang, pengembangan budidaya perikanan

1. PENDAHULUAN

Pantai Utara Karawang yang berlokasi 60 km sebelah Timur Kota Jakarta, merupakan kawasan potensial untuk pengembangan sumberdaya perikanan terutama budidaya perikanan. Sejak periode tahun 1980, Kawasan Pantai Utara Karawang dengan Tambak Inti Rakyat (TIR) nya yang memiliki luas lebih dari 300 ha dan lahan

potensial pertambakan masyarakat yang luasnya mencapai lebih dari 2.000 ha telah dikembangkan sebagai lahan budidaya perikanan secara intensif dengan komoditas utama udang dan bandeng. Pada periode tersebut, produktivitas lahan tambak di Pantai Utara Karawang cukup tinggi, yaitu mencapai lebih dari 4 ton udang/ha. Namun sejak

periode tahun 1990, produktivitas lahan menurun dan bahkan pada saat ini produktivitasnya kurang dari 1 ton/ha[1]. Intensifikasi budidaya udang yang disertai dengan pembabatan hutan mangrove secara *land clearing* dalam pengembangan usaha budidaya udang, nampaknya telah menyebabkan daya dukung lahan pertambakan di kawasan ini menurun. Kerusakan lingkungan akibat menghilangnya hutan mangrove di kawasan ini telah menyebabkan terjadinya abrasi dan kehilangan kemampuan menetralkan polutan berupa limbah organik sisa pakan dan obat-obatan dari kegiatan budidaya udang secara intensif. Perkembangan pesat budidaya udang dengan memanfaatkan lahan tambak yang disertai dengan pembabatan hutan mangrove secara tidak terkendali, penggunaan pakan dan obat-obatan serta bahan kimia secara berlebihan telah menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air di wilayah pesisir [2]. Penurunan kualitas air ini pada akhirnya menyebabkan munculnya berbagai macam penyakit yang mengancam kehidupan udang yang dibudidayakan sejak tahap awal hingga pra-panen.

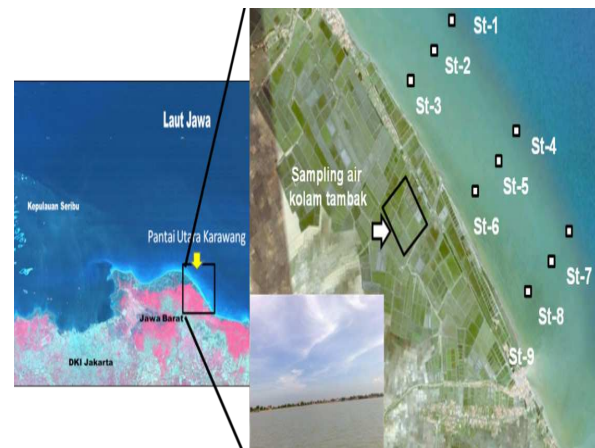
Untuk mengatasi kerusakan lingkungan dan menjaga kelestarian sumberdaya perikanan dan perairan di Pantai Utara Karawang secara berkelanjutan, diperlukan model pengelolaan pesisir secara terpadu dengan menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang inovatif. Berbagai informasi tentang terjadinya penurunan kualitas air yang disebabkan oleh kegiatan budidaya udang secara intensif di beberapa daerah telah dilaporkan oleh [3,4,5,6] namun demikian, informasi untuk wilayah pantai utara Karawang masih sangat terbatas. Karena kegiatan budidaya udang di Pantai Utara Karawang masih bermasalah, informasi tentang status kualitas air sangat penting untuk dipahami secara sistematis agar pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya air dan lahan di kawasan ini dapat dilakukan secara optimal. Untuk itu dalam paper ini akan dibahas tentang status dan kondisi kualitas lingkungan perairan di Pantai Utara Karawang guna mendukung pemanfaatan sumberdaya lahan dan air di kawasan ini secara optimal dan berkelanjutan untuk pengembangan usaha budidaya perikanan.

Sejalan dengan program revitalisasi perikanan budidaya nasional dan untuk mendukung Gerakan Pembangunan Pantai Utara dan Selatan Jawa Barat (GAPURA), kegiatan pengembangan dan pemasyarakatan teknologi produksi perikanan budidaya ramah lingkungan di lahan tambak yang saat ini banyak terbengkalai (*idle*) merupakan kegiatan yang cukup strategis untuk dikembangkan dan dimasyarakatkan. Kegiatan ini sangat bermanfaat guna mendukung program peningkatan produksi perikanan budidaya nasional secara berkelanjutan, perluasan lapangan kerja dan peningkatan devisa negara. Teknologi yang dapat dikembangkan dalam mendukung program

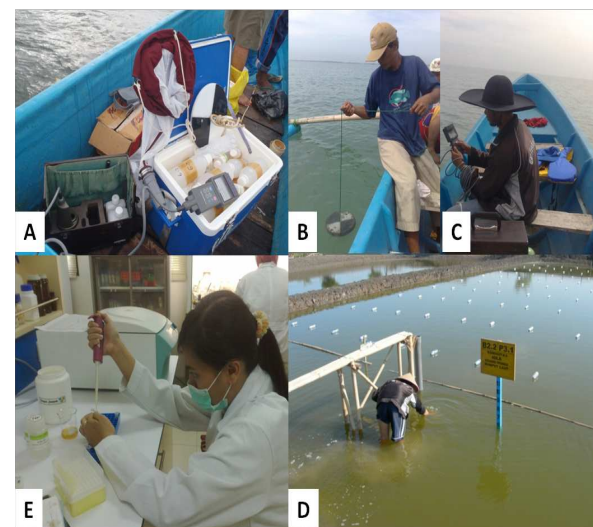
revitalisasi sesuai dengan tujuan pembangunan perikanan budidaya yaitu program peningkatan perikanan budidaya untuk ekspor (PROPEKAN), peningkatan produksi perikanan budidaya bagi konsumsi masyarakat (PROKSIMAS) dan perlindungan sumberdaya perikanan (PROLINDA) adalah Teknologi Budidaya Perikanan "*Integrated Multi-Trophic Aquaculture* (IMTA)" berbasis sistem bioresirkulasi (*biorecycle system*) untuk lahan pertambakan yang banyak tidak dimanfaatkan (*idle*).

2. BAHAN DAN METODE

Untuk mengetahui kondisi lingkungan perairan di Kawasan Pantai Utara Karawang, telah dilakukan pengumpulan data fisika-kimia perairan baik di wilayah pesisir maupun pertambakan dalam periode waktu April-September 2010.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Pantai Utara Karawang, Jawa Barat



Gambar 2. Peralatan survei (A), pengukuran data fisika di laut (B dan C) dan di Tambak (D) dan analisa kualitas air di laboratorium (E).

Di wilayah pesisir data kualitas perairan dikumpulkan dalam dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau untuk mengetahui pengaruh musim terhadap kualitas air. Pengumpulan data kimia perairan (ammonia, nitrat, nitrit, fosfat, sulfid dan besi) dilakukan dengan mengambil sampel air permukaan dari 9 stasiun untuk dianalisa di laboratorium dengan menggunakan Spectrophotometer HACH Drell 2800.

Sementara data fisika perairan (temperatur, salinitas, kekeruhan), pH dan DO diukur langsung di lapangan dengan menggunakan Horiba U-10 serta kecerahan dengan menggunakan *Seiichi disk*. Untuk mengetahui kondisi kualitas perairan di kawasan pertambakan Pantai Utara Karawang, dilakukan sampling air dengan waktu dan musim yang sama pada 12 kolam tambak. Lokasi penelitian di Pantai Utara Karawang dan titik sampling air serta peralatan yang digunakan terlihat pada Gambar 1 dan 2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Lingkungan Perairan Kawasan Pesisir

Dari hasil analisa seperti terlihat pada Tabel 1 dan 2, diketahui bahwa pada musim hujan suhu perairan lebih rendah dibandingkan dengan musim kemarau, demikian halnya dengan salinitas. Nampaknya pada musim hujan, limpasan air dari daratan baik melalui sungai (*river discharge*) maupun dari pantai (*coastal discharge*) di sepanjang Pantai Utara Karawang cukup tinggi sehingga salinitas dan temperatur perairannya menurun. Sebaliknya tingkat kecerahan (*transparency*) dan kekeruhan (*turbidity*) meningkat dibandingkan dengan musim kemarau. Hal ini terlihat juga dari tingkat kandungan padatan tersuspensi TSS (*Total Suspended Solid*) yang lebih tinggi empat kali lebih dibandingkan dengan musim kemarau. Sementara itu kandungan ammonia, nitrate, nitrite dan sulfid pada musim hujan lebih rendah dibandingkan dengan musim kemarau dan sebaliknya untuk fosfat, besi dan klorofil-a yang mengindikasikan bahwa telah terjadi pengenceran pada limbah organik N pada musim hujan dan peningkatan konsentrasi fosfat yang diduga berasal dari areal persawahan yang banyak terdapat disepanjang Pantai Utara Karawang. Sedangkan konsentrasi oksigen terlarut DO (*Dissolved Oxygen*) cukup tinggi pada musim hujan yang mengindikasikan tingginya laju fotosintesis, hal ini terlihat dari tingginya konsentrasi klorofil-a pada musim hujan.

Dari hasil analisis sebaran horizontal parameter fisika dan kimia di Kawasan Pantai Utara Karawang seperti terlihat pada Gambar 3 dan 4, diketahui bahwa semakin mendekati pantai, temperatur perairan, salinitas, kekeruhan dan padatan tersuspensi TSS semakin tinggi baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Hal ini terjadi karena semakin dekat ke pantai, transfer panas (*heat transfer*) dari dasar perairan yang dangkal di dekat garis pantai telah mempengaruhi temperatur perairan

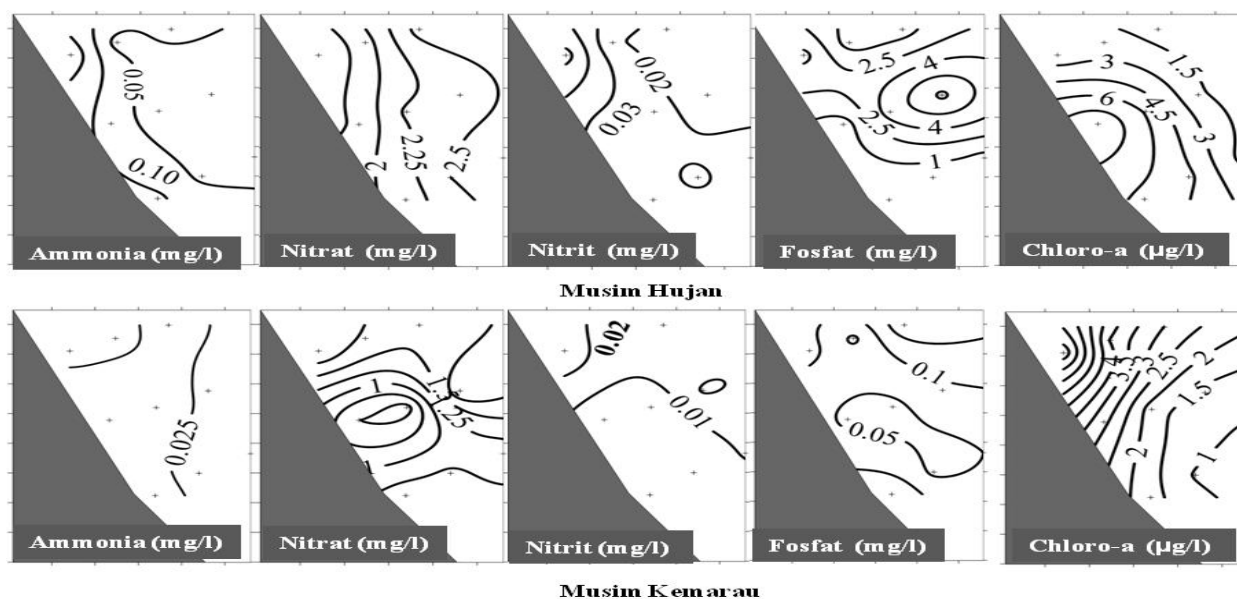
diatasnya yang juga berpengaruh terhadap peningkatan salinitas seperti juga disampaikan [7,8]. Semakin tingginya tingkat kekeruhan dan padatan tersuspensi TSS di dekat garis pantai, semakin rendah tingkat kecerahannya. Hal ini terjadi akibat adanya proses pergolakan massa air akibat sirkulasi arus disekitar pantai telah meningkatkan proses abrasi pantai yang tidak terlindung hutan mangrove dan pengangkatan lumpur dari dasar perairan yang semakin menumpuk dan mengakibatkan air menjadi keruh. Tingginya tingkat kekeruhan disekitar pantai, nampaknya juga telah menurunkan konsentrasi oksigen terlarut DO di musim kemarau, karena proses fotosintesis menjadi terganggu. Namun demikian proses pengadukan air didekat pantai nampaknya telah menyebabkan larutnya unsur hara dari dasar perairan ke dalam perairan dan mengakibatkan terjadinya proses penyuburan yang memacu perumbuhan fito plankton pada musim penghujan. Hal ini terindikasi dari tingginya konsentrasi klorofil-a didekat garis pantai.

Sementara unsur nitrate dan fosfat di beberapa tempat menunjukkan konsentrasi yang tinggi di kedua musim dan paling tinggi terjadi pada musim hujan yang diikuti oleh tingginya konsentrasi klorofil-a. Unsur nitrat dan fosfat nampaknya merupakan unsur utama yang mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton di kawasan Pantai Utara Karawang dengan unsur nitrat sebagai faktor pembatas (*limiting factor*) untuk produktivitas perairan pada musim hujan dan fosfat untuk musim kemarau karena N/P Rasionya kurang dari 16 yaitu 0,66 pada musim hujan dan 27,38 pada musim kemarau [9].

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap kualitas perairan di Kawasan Pantai Utara Karawang baik secara multi temporal berdasarkan musim maupun secara horizontal spasial diketahui bahwa secara umum kualitas perairan di Kawasan Pantai Utara Karawang masih berada dalam tingkat kelayakan untuk mendukung pengembangan usaha budidaya perikanan. Namun demikian untuk pengambilan sumber air laut, nampaknya harus lebih menjorok ke laut karena kualitasnya lebih baik terutama ditinjau dari segi kekeruhan dan limbah anorganik dimana semakin mendekat ke pantai konsentrasi ammonia, sulfida dan tingkat kekeruhannya cukup tinggi terutama pada musim hujan.

3.2 Kondisi Lingkungan Perairan Kawasan Pertambakan

Berdasarkan hasil analisa dan evaluasi terhadap data fisik kualitas lingkungan perairan rata-rata (temperatur, salinitas, DO, kekeruhan, pH) dan parameter kimia (ammonia, nitrat, nitrit dan fosfat) dari 12 kolam tambak budidaya di Pantai Utara Karawang (Tabel 3), secara umum kondisi fisik lingkungan perairan untuk seluruh tambak dalam keadaan normal dan layak untuk mendukung kehidupan biota yang dibudidayakan dalam musim hujan dan musim kemarau.



Gambar 4. Sebaran horizontal parameter kimia di Kawasan Pantai Utara Karawang pada musim hujan dan kemarau

Tabel 1. Kondisi lingkungan fisik kawasan Pantai Utara Karawang pada musim hujan dan kemarau

	Temperatur (°C)	Salinitas (PSU)	Kecerahan (m)	Kekeruhan (NTU)	pH	TSS (mg/l)
Musim Hujan	30,28	25,21	0,58	96,11	7,98	39,00
Musim Kemarau	31,28	31,28	1,41	26,17	8,02	8,33

Tabel 2. Kondisi lingkungan kimia kawasan Pantai Utara Karawang pada musim hujan dan kemarau

	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Nitrite (mg/l)	Phosphate (mg/l)	Sulfide (mg/l)	Besi (mg/l)	Chlo-a (mg/l)	DO (mg/l)
Musim Hujan	0,03	1,32	0,01	2,00	0,01	0,15	3,67	6,69
Musim Kemarau	0,07	2,19	0,03	0,08	0,02	0,08	2,62	5,74

Perbedaan yang mencolok diantara kedua musim adalah pada salinitas dan kekeruhan dimana pada musim hujan, salinitas tambak rata-rata rendah dibandingkan dengan musim kemarau dan sebaliknya untuk kekeruhan dimana pada musim hujan lebih tinggi dibandingkan dengan musim kemarau.

Ditinjau dari parameter kimia (Tabel 4), kondisi parameter kimia ammonia, nitrat, nitrit dan fosfat cukup tinggi pada musim hujan dibandingkan dengan musim kemarau. Limbah organik baik yang mengandung unsur N maupun P perlu dikurangi dengan menanam rumput laut disepanjang saluran pemasukkan air laut dikombinasikan dengan tanaman mangrove untuk menetralkan limbah organik yang masuk. Dengan demikian air yang masuk dan digunakan untuk kegiatan budidaya perikanan, kualitasnya akan lebih baik.

Ditinjau dari parameter kimia (Tabel 4), kondisi parameter kimia ammonia, nitrate, nitrit dan fosfat cukup tinggi pada musim hujan dibandingkan dengan musim kemarau. Hal ini juga menunjukkan kuatnya pengaruh air laut dari perairan pantai terhadap kualitas air kolam pertambakan. Limbah

organik baik yang mengandung unsur N maupun P perlu dikurangi dengan menanam rumput laut disepanjang saluran pemasukkan air laut dikombinasikan dengan tanaman mangrove untuk menetralkan limbah organik yang masuk. Dengan demikian air yang masuk dan digunakan untuk kegiatan budidaya perikanan, kualitasnya akan lebih baik.

Tabel 3 . Profil kondisi fisik lingkungan perairan rata-rata kolam pemeliharaan

	Temperatur (°C)	Salinitas (PSU)	Kekeruhan (NTU)	DO (mg/l)	pH
Musim Hujan	30,00	18,34	176,23	6,25	7,71
Musim Kemarau	30,86	23,36	146,01	6,27	7,90

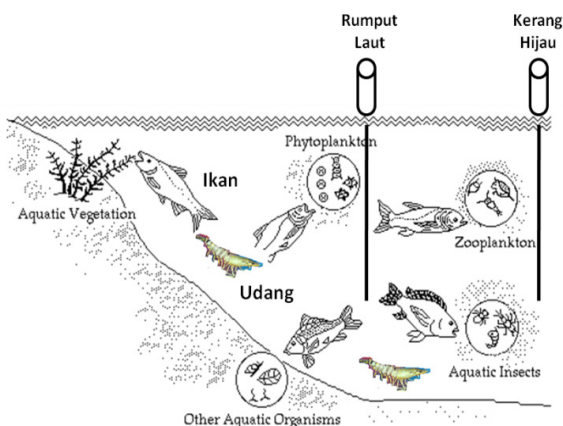
Tabel 4 . Profil kondisi kimia lingkungan perairan rata-rata

	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Nitrite (mg/l)	Phosphate (mg/l)
Musim Hujan	0,17	2,34	0,016	0,66
Musim Kemarau	0,09	1,59	0,002	0,16

3.3 Pengembangan Teknologi Budidaya Perikanan Berwawasan Lingkungan

Memahami kondisi lingkungan perairan dikawasan pesisir dan pertambakan Karawang yang cenderung menunjukkan penurunan kualitas perairan dan untuk menghindari kerusakan lingkungan yang lebih parah dimasa mendatang akibat dari kegiatan budidaya perikanan yang tidak terkontrol, tidak mengindahkan keseimbangan serta daya dukung lingkungan perairan di wilayah pesisir, perlu dikembangkan teknologi budidaya perikanan yang berwawasan lingkungan. Salah satu diantaranya yang cukup populer dikembangkan di dunia adalah teknologi budidaya perikanan terintegrasi berbasis sistem bioresirkulasi (*Biorecirculation system*) yang dikenal dengan *Integrated Multi Tropic Aquaculture* atau IMTA. Dalam teknologi budidaya terintegrasi multi tropik (*Integrated Multi Tropic Aquaculture* atau IMTA) yang berwawasan lingkungan, proses pendaur ulangan atau pemanfaatan bahan organik sisa pakan dan buangan kotoran sangat penting dalam mengurangi limbah organik yang terbuang ke perairan dan tidak dimanfaatkan. Dalam teknologi budidaya terintegrasi seluruh buangan bahan organik diharapkan dapat dikurangi bahkan dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas lahan perairan marjinal dan menjaga stabilitas lingkungan perairan habitatnya.

Hal ini sudah terbukti pada kolam dimana spesimen yang dipelihara secara terintegrasi telah memanfaatkan buangan limbah organik dalam perairan dimana bahan organik sisa pakan dan kotoran dari ikan dan udang dan larutan inorganiknya dimanfaatkan untuk pertumbuhan rumput laut sebagai pupuk dan limbah organiknya dimanfaatkan kerang [8]. Keberadaan rumput laut juga telah menambah kadar oksigen di siang hari. Demikian halnya dengan limbah organik yang dimanfaatkan kerang selain menjadikan kolam lebih jernih juga produktivitas kolam dapat meningkat dengan adanya tambahan pendapatan dari kerang¹⁰. Secara skematik sistem dan teknologi budidaya terintegrasi multi tropik IMTA terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Teknologi budidaya terintegrasi multi tropik IMTA

Teknologi Budidaya Perikanan "*Integrated Multi-Trophic Aquaculture* (IMTA)" merupakan teknologi bersih (*green technology*) berwawasan lingkungan karena teknologinya bersifat *Zero Emission* atau bebas limbah [11,12,13]. Dengan teknologi IMTA produktivitas lahan tambak dapat ditingkatkan persatuan luasnya (ha) melalui pengembangan usaha budidaya perikanan secara terintegrasi dan intensif seperti ikan nila unggul, udang windu, rumput laut *Glacilaria* dan kekerangan yang dipelihara dalam suatu ekosistem yang kondisi kualitas lingkungan perairannya terjaga dengan baik. Dalam sistem ini, limbah organik sisa pakan dari ikan atau udang akan di manfaatkan oleh kerang-kerangan, sementara rumput laut akan memanfaatkan perairannya yang kaya akan nutrisi untuk pertumbuhannya sehingga tercipta keseimbangan ekosistem [14,15,16,17,18,19, 20, 21, 22].

Dengan demikian produktivitas dari spesimen yang dibudidayakan secara terintegrasi dapat tumbuh dan berkembang secara optimal dan efisien dalam pemanfaatan sumberdaya perairan yang tersedia. Teknologi budidaya perikanan terintegrasi IMTA apabila berhasil diterapkan secara massal di lahan tambak ditingkat nasional, maka pendapatan masyarakat, daerah dan perekonomian negara secara keseluruhan akan meningkat.

Sampai dengan saat ini lahan tambak diperkirakan mencapai 65 % dari 1,2 juta ha yang belum termanfaatkan (*idle*). Hal ini terjadi umumnya dikarenakan kerusakan lingkungan akibat eksploitasi berlebihan dalam budidaya udang windu secara intensif pada awal pembukaan lahan tambak periode 1980-1990 an. Sebagai akibatnya daya dukung lingkungan dan produktivitas lahan tambak menjadi menurun. Beberapa laporan mencatat produktivitas lahan tambak secara monokultur kurang dari 1 ton/ha udang windu, padahal pada dekade tahun 1980-1990-an mencapai 4 ton/ha. Rumput laut *Glacilaria* kering produksinya 1,5 ton/ha dan ikan bandeng, 300 kg. Sementara dalam budidaya polikultur, produksi udang windu hanya 75 kg. Rendahnya produktivitas lahan tambak ini mendorong upaya pengembangan inovasi baru dalam pengembangan teknologi budidaya perikanan yang lebih produktif dan berkelanjutan (*sustainable*), khususnya untuk lahan tambak yang jumlahnya cukup luas.

Teknologi budidaya perikanan multi tropik terintegrasi atau "*Integrated Multi Tropical Aquaculture* (IMTA)" yang berbasis sistem bioresirkulasi (*biorecycle system*), bebas limbah dan berwawasan lingkungan merupakan pilihan alternatif yang cukup ideal untuk diterapkan di lahan tambak.

Dengan teknologi IMTA, produktivitas lahan tambak diharapkan dapat meningkat 3-4 kali lipat dari budidaya perikanan non-IMTA. Karena dalam 1 ha lahan tambak, diharapkan dapat dihasilkan minimal 2-3 ton udang, 1,5-2 ton rumput laut

Glacilaria kering, 1-2 ton ikan nila dan 0,6-1 ton kekerangan yang dipelihara secara bersama dan terintegrasi dalam satu kolam.

4. KESIMPULAN

Kondisi lingkungan perairan Kawasan Pantai Utara Karawang dan pertambakannya secara umum masih layak untuk mendukung pengembangan usaha budidaya ikan. Perubahan musim telah menyebabkan terjadinya perubahan kualitas air dimana pada musim hujan tingkat kekeruhan meningkat dan salinitasnya menurun. Demikian pula dengan kondisi kimiawi seperti ammonia, nitrat, nitrit dan sulfid yang tinggi pada musim hujan di perairan pantai, telah berpengaruh terhadap kualitas perairan di pertambakan.

Untuk mengantisipasi pengaruh kualitas air yang kurang baik di sekitar pantai terutama pada musim hujan, air yang masuk ke pertambakan dan digunakan untuk kegiatan budidaya perikanan perlu dinetralisir dengan membuat sarana pengendapan dan penanaman rumput laut disepanjang saluran air masuk. Penanaman mangrove disepanjang pantai dan saluran air masuk juga cukup baik untuk menetralkan limbah dan sebagai buffer pengendali limbah yang menumpuk disekitar pantai serta sebagai pelindung pantai dari abrasi.

Untuk mendukung pengembangan budidaya perikanan secara berkelanjutan dan berwawasan lingkungan di wilayah pesisir, perlu dikembangkan teknologi budidaya perikanan secara terintegrasi dan berbasis bioresirkulasi sistem seperti teknologi budidaya perikanan terintegrasi multi tropik IMTA (*Integrated Multi Tropic Aquaculture*). Teknologi Budidaya Perikanan "*Integrated Multi-Trophic Aquaculture* (IMTA)" merupakan teknologi bersih (*green technology*) berwawasan lingkungan karena teknologinya bersifat *Zero Emission* atau bebas limbah. Dengan teknologi IMTA produktivitas lahan tambak dapat ditingkatkan persatuan luasnya (ha) melalui pengembangan usaha budidaya perikanan secara terintegrasi dan intensif dimana limbah organik sisa pakan dari ikan atau udang akan di manfaatkan oleh kerang-kerangan, sementara rumput laut akan memanfaatkan perairannya yang kaya akan nutrisi untuk pertumbuhannya sehingga tercipta keseimbangan ekosistem.

Untuk mengatasi kendala penurunan kualitas air dan mencegah proses erosi dan abrasi pantai yang semakin parah, maka perlu dikembangkan program rehabilitasi pantai dengan penanaman hutan mangrove yang mampu tidak hanya sebagai pelindung pantai secara fisik, tetapi juga berfungsi sebagai *buffer* penetralisir limbah organik dan tempat berkembangnya berbagai biota laut (*nursery ground*).

DAFTAR PUSTAKA

- Widigdo, B and Soewardi, K. (1999). Kelayakan lahan tambak di Proyek Pandu TIR-Karawang untuk budidaya udang windu : dalam hubungannya dengan logam berat dan pestisida. Pusat Kajian

Pesisir dan Lautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Vol. 2 No.3nm : 17-26 pp.

- Tim Satgas Tambak Ditjen Perikanan Deptan, (1994). Alternatif solusi masalah tambakudang di Jawa. Dept. Pertanian. Ditjen Perikanan.
- Pillay, T.V.R. (1992). *Aquaculture and the Environment*. Fishing News Books, Oxford. England. 189 pp.
- Flaherty, M. and C. Karnjanakesorn. (1995). Marine Shrimp Aquaculture and Natural Resources Degradation in Thailand. In: *Environmental Management* Vol. 19., No. 1, 27-37.
- Chua, Thia-Eng. (1993). Environmental Management of Coastal Aquaculture Development. P. 199-212. In Pullin, R.S.V., H. Rosenthal and J.L. Maclean (eds). *Environment and Aquaculture in Developing Countries*. ICLARM Conf. Proc.31, 359 p.
- Gowen, R.J. and H. Rosenthal. (1993). The Environment Cosequence of Intensive Coastal Aquaculture in Development Countries : What Lessons Can Be Learned. Pp.102-115. In Pullin, R.S.V., H. Rosenthal and J.L. Maclean (eds). *Environment and Aquaculture in Developing Countries*. ICLARM Conf. Proc.31, 359 p.
- Sachoemar, S.I. T.Yanagi. (1999). Seasonal variation in water quality at the northern coast of Karawang-West Java, Indonesia. *La mer* 37, 1999 : 91-101 pp.
- Sachoemar, S.I. T.Yanagi. (2001). Seasonal variation of water characteristics in the northern coastal area of Java. *La mer* 39 : 77-85 pp.
- Tamminen T, Andersen T, (2007). Seasonal phytoplankton nutrient limitation patterns as revealed by bioassays over Baltic Sea gradients of salinity and eutrophication. *Mar Ecol Prog Ser* 340:121-138.
- Sachoemar, S.I. (2010). Pengembangan Prototipe Teknologi Budidaya Ikan Nila Unggul Terintegrasi "*Integrated Multi-Trophic Aquaculture* (IMTA)" Hemat Air di Lahan Tambak. Laporan Akhir Program Insentif Peningkatan Kapasitas Iptek Sistem Produksi. BPPT. 59 pp.
- Chopin T. 2006. Integrated multi-trophic aquaculture. What it is, and why you should care and don't confuse it with polyculture. *Northern Aquaculture*, Vol. 12, No. 4, July/August 2006, pg. 4.
- Neori A, Krom MD, Cohen Y and Gordin H. (1989). Water quality conditions and particulate chlorophyll a of new intensive seawater fishpond in Eilat, Israel: daily and dial variations. *Aquaculture* 80: 63-78.
- Troell M, Halling C, Neori A, Chopin T, Buschmann AH, Kautsky N and Yarish C. (2003). Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture* 226: 69-90.
- Chopin T, Robinson S, Sawhney M, Bastarache S, Belyea E, Shea R, Armstrong W, Stewart and Fitzgerald P. (2004). The AquaNet integrated multi-trophic aquaculture project: rationale of the project and development of kelp cultivation as the inorganic extractive component of the system. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*. 104(3): 11-18.
- Goldman JC, Tenore RK, Ryther HJ and Corwin N. 1974. Inorganic nitrogen removal in a combined

- tertiary treatment - marine aquaculture system : I. Removal efficiencies. *Water Research* 8: 45-54.
16. Ryther JH, Goldman JC, Gifford JE, Huguenin JE, Wing AS, Clarner JP, Williams LD and Lapointe BE. (1975). Physical models of integrated waste recycling
 17. marine polyculture systems. *Aquaculture* 5: 163-177.
 18. Huguenin JH. (1976). An examination of problems and potentials for future large-scale intensive seaweed culture systems. *Aquaculture* 9: 313-342.
 19. Neori A, Chopin T, Troell M, Buschmann AH, Kraemer GP, Halling C, Shpigel M and Yarish C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231: 361-391.
 20. Gordin H. 1993^a. A proposed model for "environmentally clean" landbased culture of fish, bivalves and seaweeds. *Aquaculture* 117: 115-128.
 21. Shpigel M, Lee J, Soohoo B, Fridman R and Gordin H. 1993^b. The use of effluent water from fish ponds as a food source for the pacific oyster *Crassostrea gigas* Tunberg. *Aquaculture & Fisheries Management* 24: 529-543.
 22. Neori A and Shpigel M. 1999. Algae treat effluents and feed invertebrates in sustainable integrated mariculture. *World Aquaculture* 30: 46-49, 51.
 23. Neori A, Shpigel M and Scharfstein B. (2001). Land-based low-pollution integrated mariculture of fish, seaweed and herbivores: principles of development, design, operation and economics. *European Aquaculture Society Special Publication* 29: 190-191.